Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet.	43	36	Brux. 12.12.1967

RECHERCHES SUR L'ECOSYSTEME FORET

SERIE B : LA CHENAIE MELANGEE CALCICOLE DE VIRELLES-BLAIMONT

Contribution n° 12

Thermisme comparé de l'habitat, dans la forêt et la prairie permanente (1)

PAR

Georges SCHNOCK (Genval)

---

1. INTRODUCTION.

1.1. COUVERTURE VÉGÉTALE ET FACTEURS DU CLIMAT.

On sait que les caractéristiques de la couverture végétale (nature, dimensions, densité, structure) influencent considérablement le thermisme et l'hydrisme du sol, de même que le climat des couches d'air voisines, tant à l'intérieur même de l'habitat qu'immédiatement au-dessus des surfaces supérieures du peuplement végétal.

Pour bien mettre en évidence les relations entre la couverture végétale et le thermisme de l'habitat, les observations suivantes ont été choisies comme exemples (tableau 1) :

1° Mesures de température effectuées à — 1 cm sous sol nu et sous gazon à Uccle (HAUTFENNE, M., 1952) par très beau temps et par temps couvert.

2° Mesures de température du sol et de l'air faites respectivement à — 5 cm sous gazon et sous forêt, et à 2,00 m sous abri en forêt et hors forêt par très beau temps et par temps nuageux dans nos stations écoclimatiques de Virelles.

(1) Programme du Centre d'Ecologie Générale (Bruxelles), subventionné par le Fonds de la Recherche fondamentale collective.

TABLEAU 1.

Exemples d'influence du type de couverture végétale et du type de temps sur la température du sol et de l'air.

Lieux d'observations	Epoque de mesure	Type de temps	Température maximum enregistrée à — 1 cm								
			Dans sol nu			Dans sol gazonné			Ecarts		
Uccle (100 m) (1)	3-VII-1949	Très beau temps (731,0 cal/cm²)	46,1 °C			29,3 °C			16,8 °C		
Uccle (100 m) (1)	8-VII-1949	Temps couvert, Insolation nulle (145,0 cal/cm²)	23,0 °C			19,1 °C			3,9 °C		
			Température au sol à — 5 cm relevée à 15 h								
			Sous gazon de prairie			Sous forêt			Ecarts		
Virelles (245 m)	1-IX-1964	Très beau temps (580,3 cal/cm²)	18,0 °C			13,1 °C			4,9 °C		
Virelles (245 m)	31-VIII-1964	Ciel nuageux avec éclaircies (428,2 cal/cm²)	17,4 °C			13,3 °C			4,1 °C		
			Température de l'air à 2,00 m sous abri								
			Au-dessus de la prairie			Sous forêt			Ecarts		
			Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
Virelles (245 m)	1-IX-1964	Très beau temps (580,3 cal/cm²)	10,8 °C	19,5 °C	2,5 °C	12,1 °C	18,5 °C	5,6 °C	1,3 °C	1,0 °C	2,6 °C
Virelles (245 m)	31-VIII-1964	Ciel nuageux avec éclaircies (428,2 cal/cm²)	10,5 °C	17,0 °C	3,5 °C	11,6 °C	16,5 °C	6,9 °C	1,1 °C	0,5 °C	3,4 °C

(1) D'après HAUTFENNE, M., 1952.

1.2. Stations d'observations.

Les parcelles de recherches occupent toutes deux des stations horizontales situées à 245 m d'altitude en Calestienne Atlantique à Virelles (Chimay). La première (parc écoclimatologique de la forêt de Virelles-Blaimont : V. B.) est constituée par une chênaie-charmaie-hêtraie dont le couvert dense et relativement complet s'étale entre les niveaux 6 et 21 m. La strate arbustive y est peu développée et le degré de recouvrement du tapis herbacé voisine les 100 %. Le substrat édaphique déjà défini précédemment (Schnock, G., 1967) est représenté par un sol brun calcaire très riche en squelette.

Quant au second objet de comparaison, dénommé « Station écoclimatologique de Virelles-Philippart (V. P.), il est constitué par une prairie permanente distante de tout abri latéral, dont le gazon est maintenu par des tailles régulières à une hauteur constante d'environ 10 cm. Le profil est du type sol brun lessivé profond (120 cm) avec une fraction caillouteuse très faiblement développée en profondeur.

L'étude comparative du climat intérieur de la forêt avec les conditions qui règnent dans un site découvert, telle qu'elle est communément entreprise, reste cependant quelque peu arbitraire. En effet, elle s'adresse à des points de l'atmosphère habituellement situés entre 1,50 et 2,00 m au-dessus du sol, pour lesquels les facteurs qui influencent la température de l'air ainsi que le mécanisme de leur action sont différents.

En réalité, on mesure la température de l'air à découvert au-dessus (1,50 à 2,00 m) de la surface principale d'impact du rayonnement global et du rayonnement descendant de l'atmosphère, alors qu'en forêt, le point de mesure situé à 2,00 au-dessus du sol se trouve en fait sous les surfaces principales de réception de l'énergie incidente, à une distance variable avec la hauteur du peuplement. Cette précision semble donc nécessaire et doit être prise en considération dans l'interprétation des résultats.

1.3. Instrumentation et méthodologie.

Chaque parcelle de recherches est équipée d'un abri météorologique standard renfermant un thermographe, un thermomètre étalon à mercure ainsi qu'un couple de thermomètres à minima et à maxima. Un anneau bimétallique composé de deux lamelles soudées entre elles et possédant chacune un coefficient de dilatation différent, constitue l'organe sensible du thermographe. L'enregistrement de la température se fait sur des graphiques fixés sur un tambour, lequel est actionné mécaniquement par un mouvement d'horlogerie à rotation hebdomadaire. Les instruments ont été testés et réglés avant leur mise en station; ils sont contrôlés chaque semaine à l'aide du thermomètre étalon et éventuellement corrigés. La précision des lectures est de l'ordre de 0,1 à 0,2 °C.

L'instrumentation mise en place pour la mesure de la température du sol est identique dans les deux stations. Elle se compose d'un jeu de 6 géothermomètres à mercure disposés respectivement aux niveaux — 1, — 5, — 10, — 20, — 50 et — 100 cm suivant une technique déjà décrite dans une note précédente (SCHNOCK, G., 1967). La partie aérienne des géothermomètres (pour les niveaux — 5 à — 50 cm) est protégée par une gaine en laiton enfoncée de quelques centimètres dans le sol et munie d'une fenêtre qui permet de découvrir toute l'échelle de mesure de l'appareil. Chaque thermomètre possède une courbe d'étalonnage préalablement établie en laboratoire, ce qui permet une comparaison valable des lectures entre n'importe quel point de mesure. Ils permettent également de faire des lectures avec une précision de 0,1 à 0,2 °C.

La température moyenne journalière s'obtient en opérant sur les graphiques d'enregistrement, une lecture toutes les deux heures entre 0 et 24 h; la moyenne arithmétique des treize lectures bihoraires représente la valeur recherchée. A cause de sa plus grande précision, cette méthode pourtant longue et fastidieuse (environ 4.380 lectures par année et par point de mesure) est celle qui est couramment utilisée en météorologie; elle donne en outre la possibilité de calculer facilement la température moyenne pour n'importe quel moment de la journée.

Les maxima et minima journaliers correspondent respectivement au point le plus élevé et au point le plus bas atteints par la courbe de température au cours d'une journée d'enregistrement. Quant aux températures du sol, elles représentent des lectures instantanées habituellement effectuées entre 9 et 11 h du matin lors de chaque visite des stations, soit au minimum une série de lectures par semaine.

2. LA TEMPERATURE DE L'AIR A 2,00 m SOUS ABRI SOUS FORET ET AU-DESSUS DE LA PRAIRIE.

2.1. TEMPÉRATURES MOYENNES ET EXTRÊMES POUR 1964 ET 1965.

Les valeurs mensuelles, annuelles et par phénophases de la température de l'air sont reprises dans le tableau 2.

Si l'on examine les données du tableau 2, on constate que :

1° L'année 1965, comparativement à la précédente, est caractérisée par une température moyenne plus faible (— 0,4 °C), un maximum thermique absolu moins accusé (— 5,2 °C) et un minimum extrême identique. Janvier et décembre pour lesquels on a relevé des températures moyennes plus élevées (+ 2,7 et + 2,9 °C) sont aussi deux mois d'hiver très abondamment arrosés et par conséquent, bénéficiant d'une température plus douce. Quant au thermisme également plus favorable enregistré en mars et en octobre de la même année, il s'explique entièrement par une réception d'énergie (rayonnement global) plus

TABLEAU 2.

Températures moyennes et extrêmes enregistrées dans les stations de Virelles pendant les années 1964 et 1965.

Périodes	Températures moyennes				Températures extrêmes							
					Maxima				Minima			
	1964		1965		1964		1965		1964		1965	
	V. P.	V. B.	V. P.	V. B.	V. P.	V. B.	V. P.	V. B.	V. P.	V. B.	V. P.	V. B.
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Janvier	— 1,0	— 0,7	1,7	2,3	8,5	8,5	10,0	9,7	— 10,3	— 9,5	— 7,0	— 5,3
Février	3,4	4,0	— 0,9	— 0,1	14,6	14,5	6,8	6,1	— 9,0	— 7,4	— 11,0	— 9,2
Mars	2,9	3,1	4,5	4,6	14,9	13,0	20,0	20,0	— 8,8	— 7,0	— 8,1	— 6,2
Avril	8,0	8,1	6,9	6,9	21,0	21,3	20,0	18,1	— 3,2	— 1,1	— 2,0	— 0,3
Mai	13,0	13,2	11,4	11,0	26,1	25,4	26,4	25,2	1,8	4,3	— 0,2	1,2
Juin	14.3	14,3	14,9	13,8	29,2	26,7	27,8	24,9	1,8	4,6	4,8	6,3
Juillet	16,4	16,5	13,8	13,9	33,0	31,0	25,5	23,2	2,8	5,5	3,9	6,3
Août	15,4	15,3	14,8	14,5	31.1	28,8	27,0	24,8	3,5	6,9	5,2	7,3
Septembre	13,6	13,7	12,1	12,0	27,9	25,0	22,9	19,8	0,0	3,0	1,3	4,2
Octobre	6,4	7,3	9,0	10,1	20,7	18,3	22,6	20,9	— 4,3	— 1,3	— 2,7	0,6
Novembre	5,9	6,4	2,5	4,4	14,0	14,2	14,1	15,8	— 4,3	— 2,5	— 9,0	— 6,2
Décembre	0,9	1,6	3,8	4,9	9,9	10,3	12,0	13,0	— 11,0	— 8,7	— 5,4	— 3,9
Année	8,3	8,5	7,9	8,2	33,0	31,0	27,8	25,2	— 11,0	— 9,5	— 11,0	— 9,2
Phénophases												
- défeuillée	3,3	3,7	3,1	3,9	21,0	21,3	20,0	20,0	— 11,0	— 9,5	— 11,0	— 9,2
- feuillée	13.2	13,4	12,7	12,5	33,0	31,0	27,8	25,2	— 4,3	— 1,3	— 2,7	0,6
Période de végétation	—	—	13,4	—	—	—	27,8	—	—	—	— 2,5	—

importante au cours de ces deux mois comparativement aux périodes correspondantes de 1964 (+ 543,7 cal/cm² en mars et + 2.583,5 cal/cm² en octobre).
L'écart de − 0,5 °C entre les températures moyennes de l'air sur prairie durant les phénophases feuillées 1964 et 1965 peut être attribué à la différence entre les quantités de rayonnement reçu durant ces périodes. La quantité de rayonnement global reçu sur une surface horizontale à Virelles de mai à septembre 1965 est nettement inférieure à celle mesurée pour la période correspondante de 1964 (environ 9.700 cal/cm² ou 14,2 % en moins).
Et pour expliquer l'écart encore plus important (− 0,9 °C) obtenu pour ces mêmes périodes mais sous forêt, il faut savoir qu'en 1965 on a relevé un nombre de précipitations plus élevé d'environ un tiers (53), ce qui a contribué à 53 renouvellements supplémentaires des pellicules d'eau de mouillage de la strate ligneuse (1) et par conséquent, a nécessité un supplément appréciable de calories pour évaporer ces films d'eau libre.

2° En 1965, la température moyenne de l'air durant la période de végétation (qui va du 16-V au 17-X) s'élève à 13,4 °C, le minimum à − 2,5 °C (le 17-X) et le maximum à 27,8 °C (le 30-VI).

3° La période des basses températures hivernales s'est présentée au début de chaque année d'observations (I-1964 et II-1965); le thermomètre est descendu jusque − 11,0 °C les 27-IV-1964 et 3-II-1965 et les dates des dernières gelées se situent les 26-IV-1964 (− 1,2 °C) et 20-V-1965 (− 0,2 °C).

4° Un maximum thermique de 33,0 °C a été enregistré le 18-VII-1964 alors que celui de 1965 n'a atteint que 27,8 °C (le 30 juin).

5° L'amplitude thermique de l'air est de 43,3 °C en 1964 contre 38,8 °C en 1965; elle atteint 30,5 °C pour la période de végétation de 1965.

2.2. Ecarts entre les températures de l'air sous la forêt (V. B.) et au-dessus de la prairie (V. P.).

Les écarts entre les températures (températures moyennes et extrêmes) sous la forêt et au-dessus de la prairie ont été calculés pour chacune des journées des années 1964 et 1965. Ils sont représentés sous forme de traits verticaux dans la figure 1. Les températures relevées au-dessus de la prairie (V. P.) étant choisies comme base de référence (axe des abscisses), les écarts sont alors reportés en ordonnée positive ou négative selon que les valeurs obtenues en forêt sont supérieures ou inférieures à celles enregistrées au-dessus du gazon dans la station de prairie (V. P.).

(1) Les surfaces de mouillage dans les conditions optimum d'humectation ont été estimées à 5,5 ha par ha de terrain en phase feuillée (Schnock, G. et Galoux, A., 1967).

Un simple coup d'œil sur les graphiques de la figure 1 et les tableaux 3 et 4 nous permet de dégager quelques conclusions concernant les points suivants :

2.2.1. La température moyenne de l'air à 2,00 m sous abri.

La température moyenne annuelle ne semble pas être fort différente que ce soit sur prairie ou sous forêt; la température de l'air sous forêt s'avère être légèrement plus élevée qu'en terrain découvert.

74,3 % des journées étudiées en 1964 et 60,5 % en 1965 ont révélé des températures moyennes en forêt supérieures ou égales à celles enregistrées au-dessus du gazon d'une prairie. Environ 80 % de celles-ci se présentent pendant la phénophase défeuillée (tableau 3). Ce phénomène apparaît un peu mieux contrasté pendant la période de végétation lorsque les nappes chlorophylliennes se sont développées et refermées; il l'est encore davantage durant le déroulement des phases vernales (mars et avril).

L'écart des températures moyennes journalières sous la forêt et au-dessus de la prairie varie sensiblement au cours du temps; il est nul pour un nombre réduit de journées (29 en 1964 et 8 en 1965) et peut varier entre − 2,0 et + 3,0 °C. La moyenne mensuelle des écarts est élevée et positive en phase défeuillée (tableau 4); elle diminue avec le déploiement et l'étalement des surfaces foliaires; elle est voisine de zéro ou peut même devenir négative durant les mois de végétation.

La moyenne annuelle des écarts est constante et positive pour les deux années (+ 0,3 °C).

2.2.2. La température maximum de l'air à 2,00 m sous abri.

Les maxima thermiques relevés en forêt au cours de l'année sont supérieurs ou égaux à ceux obtenus à découvert pour 42 % des journées d'observations en 1964 et 47 % en 1965 (tableau 3). Mais ces pourcentages sont bien plus significatifs si on les calcule pour chaque phénophase. En effet, au cours de la période défeuillée, on a obtenu dans 71 à 75 % des cas, des maxima thermiques supérieurs en forêt alors que ce taux tombe entre 13 et 18 % pendant la phase feuillée (6,5 % seulement pour la période de végétation de 1965). Ceci montre bien l'influence déterminante de la masse foliaire qui constitue un écran opaque s'opposant plus ou moins fortement à la pénétration du rayonnement dans les couches d'air sous-jacentes. D'autre part, la vitesse de renouvellement de l'air est beaucoup plus grande sur prairie qu'en forêt, notamment en phase feuillée.

L'écart entre les maxima journaliers fluctue également au cours de l'année. On a relevé des écarts pouvant aller de − 4,8 °C à + 4,8 °C.

Les moyennes mensuelles des écarts sont positives en phase défeuillée et prennent des valeurs nulles ou voisines de zéro en mars et avril durant la feuillaison (période centrée sur l'équinoxe de printemps). Elles devien-

TABLEAU 3.

Nombre de jours pour lesquels les températures de l'air sous forêt — V. B. — (moyenne et extrêmes à 2,00 m sous abri) sont supérieures ou inférieures à celles relevées au-dessus de la prairie (V. P.) Années 1964 et 1965.

Périodes	Température moyenne				Température maximum				Température minimum			
	1964		1965		1964		1965		1964		1965	
	VB⩾VP	VB<VP	VB⩾VP	VB<VP	VB⩾VP	VB<VP	VB⩾VP	VB<VP	VB⩾VP	VB<VP	VB⩾VP	VB<VP
Janvier	24	7	28	3	15	16	27	4	29	2	31	—
Février	29	—	28	—	25	4	27	1	29	—	28	—
Mars	15	16	17	14	14	17	13	18	16	15	18	13
Avril	15	15	13	17	19	11	12	18	23	7	26	4
Mai	23	8	7	24	8	23	3	28	28	3	16	15
Juin	15	15	—	30	—	30	1	29	30	—	22	8
Juillet	21	10	14	17	1	30	3	28	31	—	31	—
Août	21	10	11	20	—	31	3	28	31	—	30	1
Septembre	18	12	17	13	—	30	—	30	29	1	29	1
Octobre	30	1	24	4	14	17	24	7	31	—	31	—
Novembre	30	—	30	—	29	1	30	—	30	—	30	—
Décembre	31	—	29	2	28	3	27	4	31	—	30	1
Année	272 (74,3 %)	94 (25,7 %)	221 (60,5 %)	144 (39,5 %)	153 (41,8 %)	213 (58,2 %)	170 (46,6 %)	195 (53,4 %)	338 (92,4 %)	28 (7,6 %)	322 (88,2 %)	43 (11,8 %)
Phénophases												
- défeuillée	144 (79,2 %)	38 (20,8 %)	145 (80,1 %)	36 (19,9 %)	130 (71,4 %)	52 (28,6 %)	136 (75,2 %)	45 (24,8 %)	158 (86,8 %)	24 (13,2 %)	163 (90,1 %)	18 (9,9 %)
- feuillée	128 (69,6 %)	56 (30,4 %)	76 (43,1 %)	108 (58,7 %)	23 (12,5 %)	161 (87,5 %)	34 (18,5 %)	150 (81,5 %)	180 (97,8 %)	4 (2,2 %)	159 (86,4 %)	25 (13,6 %)
Période de végétation	—	—	61 (39,4 %)	94 (60,6 %)	—		10 (6,5 %)	145 (93,5 %)	—	—	138 (89,0 %)	17 (11,0 %)

nent progressivement négatives et le restent pendant la phénophase feuillée, puis repassent ensuite par zéro pour redevenir positives après la chute des feuilles.

La moyenne des écarts est de l'ordre de + 0,2 à + 0,6 °C pour la phase défeuillée; elle oscille entre − 1,2 et − 1,3 °C pour la période chlorophyllienne et est estimée à − 1,5 °C pour la période de végétation de 1965. Pour l'année entière, elle se situe entre − 0,5 et − 0,6 °C (tableau 4).

2.2.3. La température minimum de l'air à 2,00 m sous abri.

Au cours des deux années d'observations, 90 % en moyenne des journées possèdent des minima moins accusés en forêt que sur prairie (tableau 3). Ce taux varie peu d'une année à l'autre et quel que soit le type de phénophase, sa valeur se maintient entre 86 et 98 %. Les journées caractérisées par des minima plus accusés en forêt se rencontrent au printemps et plus particulièrement pendant la seconde quinzaine de mars où, faut-il le rappeler, se produit une inversion du gradient thermique de l'habitat air-sol (équinoxe de printemps).

L'écart entre les minima journaliers sous forêt et sur prairie accuse également un caractère très fluctuant. Son amplitude de variation peut aller de − 2,8 °C jusque + 4,5 °C. La valeur moyenne des écarts se situe aux environs de + 1,0 à + 1,2 °C pour l'année entière et reste constamment positive pour chaque mois de l'année. Bien que cette valeur moyenne des écarts entre les minima soit plus importante pendant la phénophase chlorophyllienne à temps clair et très ensoleillé de 1964 (+ 1,6 °C contre + 0,7 °C pour la phase dénudée), pareille différence ne se reproduit pas pour l'année pluvieuse de 1965 (tableau 4). Il apparaît donc bien que contrairement à ce que l'on observe pour les moyennes et les maxima thermiques, le signe positif des écarts entre les minima nocturnes sous forêt et au-dessus de la prairie reste constant et se montre indépendant de la phénophase. Quelque soit cette dernière, les minima restent moins accusés sous le couvert de la forêt.

Le mécanisme de ce phénomène peut se comprendre aisément en examinant la figure 2. Celle-ci rapporte les courbes de variation de la température de l'air et du sol mesurée à cinq niveaux distincts suivant un profil vertical établi au travers de l'habitat forestier, pour deux belles journées ensoleillées de septembre 1966. Les points de mesure ont été choisis respectivement à 25,00 m (8 à 9 m au-dessus des cimes), à 16,00 m (au niveau supérieur des couronnes), à 2,00 m (sous le couvert des arbres) et dans l'horizon édaphique aux profondeurs de − 1 et − 10 cm. A titre de comparaison, nous avons également ajouté une sixième courbe qui représente le cours de la température de l'air à 2,00 m sous abri et hors forêt (V. P.) durant ces mêmes journées.

Par nuit calme, le régime thermique qui s'établit au-dessus d'un sol gazonné (V. P.) est un régime dit « d'inversion ». Il est conditionné prin-

TABLEAU 4.

Moyennes mensuelles, annuelles et périodiques (phénophases) des écarts de température de l'air (moyennes et extrêmes à 2,00 m sous abri) sous la forêt (V. B.) et au-dessus de la prairie (V. P.) (1964 et 1965).

Périodes	Température moyenne		Maximum		Minimum	
	1964	1965	1964	1965	1964	1965
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
Janvier	+ 0,3	+ 0,6	— 0,3	+ 0,5	+ 0,7	+ 0,9
Février	+ 0,7	+ 0,8	+ 0,3	+ 0,7	+ 0,9	+ 1,2
Mars	+ 0,2	+ 0,1	+ 0,1	0,0	+ 0,4	+ 0,5
Avril	0,0	0,0	0,0	— 0,3	+ 0,3	+ 0,5
Mai	+ 0,2	— 0,4	— 0,7	— 0,9	+ 1,3	+ 0,2
Juin	0,0	— 1,2	— 1,5	— 2,1	+ 1,8	+ 0,2
Juillet	+ 0,1	0,0	— 1,4	— 1,2	+ 2,0	+ 0,9
Août	0,0	— 0,2	— 1,7	— 1,7	+ 1,4	+ 0,9
Septembre	+ 0,1	— 0,1	— 1,3	— 1,6	+ 1,3	+ 1,1
Octobre	+ 0,8	+ 1,0	— 0,4	— 0,6	+ 1,7	+ 2,2
Novembre	+ 0,8	+ 2,0	+ 0,5	+ 1,6	+ 1,0	+ 2,4
Décembre	+ 0,8	+ 1,1	+ 0,5	+ 0,9	+ 1,0	+ 1,4
Année	+ 0,3	+ 0,3	— 0,5	— 0,6	+ 1,2	+ 1,0
Phénophases						
- défeuillée	+ 0,5	+ 0,7	+ 0,2	+ 0,6	+ 0,7	+ 1,1
- feuillée	+ 0,2	— 0,1	— 1,2	— 1,3	+ 1,6	+ 0,9
Période de végétation	—	— 0,2	—	— 1,5	—	+ 0,9

cipalement par le rayonnement des surfaces de la couverture végétale et du sol. Ces surfaces rayonnantes se refroidissent et les couches d'air immédiatement en contact tendent à s'équilibrer avec elles, ce qui entraîne une superposition de couches d'air accusant un gradient thermique croissant du bas vers le haut. L'amplitude maximum de ce gradient est le plus souvent atteinte quelque temps avant le lever du soleil. Si le vent se lève au cours de la nuit, il détruit cette stratification en créant des mélanges de couches d'air qui relèvent les minima thermiques près des surfaces (nuit du 21 au 22-IX-1966).

En forêt, c'est à la surface supérieure des couronnes que se produit le maximum thermique de la journée, mais c'est également à ce niveau que le rayonnement nocturne est le plus important. Cette strate végétale se refroidit donc intensément au cours de la nuit et les masses d'air de contact en se refroidissant, deviennent plus denses et descendent à travers l'étage des cimes pour se diluer dans une couche atmosphérique stable d'environ 16 m d'épaisseur et située entre le sol et le niveau des feuillages. Contrairement au régime d'inversion thermique observé au-dessus de la forêt, un régime à tendance superadiabatique s'installe à l'intérieur de l'habitat forestier et c'est la raison pour laquelle les minima thermiques enregistrés sous forêt sont, pour la plupart, moins accusés que ceux obtenus au même niveau au-dessus d'un sol gazonné (GALOUX, 1967).

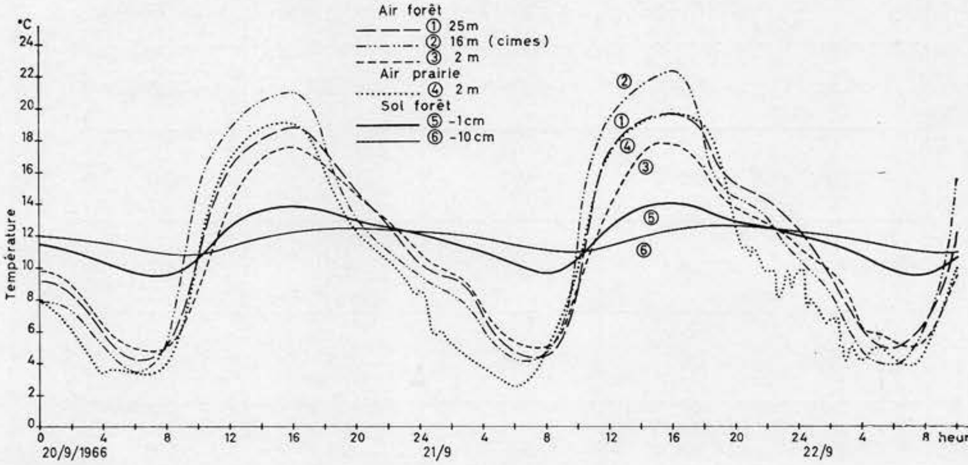


Fig. 2. — Cours de la température de l'air et du sol dans l'habitat forestier de Virelles-Blaimont pour les journées des 21 et 22.9.1966.

De l'examen de la figure 2, on peut encore extraire les éléments suivants :

1° Par temps calme, on observe au-dessus de l'horizon des cimes comme dans les couches atmosphériques situées au-dessus d'un sol gazonné, un

régime d'inversion thermique la nuit et un régime à tendance super-adiabatique ou adiabatique le jour.

2° Le minimum nocturne à 2,00 m hors forêt est plus accentué que celui qui se produit au niveau supérieur du couvert forestier (16 m).

3° Le maximum thermique se présente vers 16 heures à tous les niveaux d'observation, sauf à — 10 cm dans le sol où il accuse un retard d'environ 2 à 3 heures. Ses valeurs sont très voisines pour les niveaux 25,00 et 2,00 m, soit respectivement 8 à 9 m au-dessus de la strate arborescente et 2,00 m au-dessus de la prairie. Quant aux minima, ils surviennent généralement entre 6 et 8 heures du matin. En choisissant la température à — 1 cm dans le sol comme valeur de référence, on peut obtenir pour les niveaux étudiés au cours des journées des 20 et 21 septembre 1966, les écarts suivants entre les maxima et minima extrêmes (tableau 5).

TABLEAU 5.

Ecarts entre les températures extrêmes (maxima et minima) à — 1 cm (sol) et différents niveaux d'observation à V. B. (20 et 21 septembre 1966).

Niveaux	Maxima		Minima	
	20-IX-1966	21-IX-1966	20-IX-1966	21-IX-1966
— 10 cm	— 1,4 °C	— 1,4 °C	+ 1,3 °C	+ 1,3 °C
— 1 cm	0,0	0,0	0,0	0,0
+ 2,00 m	+ 3,8	+ 3,8	— 4,7	— 4,7
+ 16,00 m	+ 7,2	+ 8,4	— 6,1	— 7,1
+ 25,00 m	+ 5,0	+ 5,7	— 5,3	— 5,4

4° L'isothermie de l'étage aérien de l'habitat forestier se réalise vers 8 heures du matin, soit environ 1 heure et 40 minutes après le lever du soleil; elle se présente seulement deux heures plus tard dans la couche des 10 premiers centimètres de l'étage édaphique.

3. TEMPERATURE DU SOL A DIFFERENTES PROFONDEURS SOUS FORET ET SOUS PRAIRIE.

Les séries de lectures instantanées de température du sol dont nous disposons ont été pointées à des intervalles de temps souvent éloignés (1 à 7 jours) mais à des moments toujours compris entre 9 et 11 heures du matin (le plus fréquemment vers 10 h). Elles ne représentent donc ni des températures moyennes, ni des températures extrêmes; elles suffisent néanmoins à suivre les variations de l'onde thermique dans le profil au cours de l'année. Compte tenu de la nature différente des deux milieux, elles permettent d'établir une comparaison entre les cours respectifs de la température dans les deux habitats.

Les écarts entre les températures sous forêt (V. B.) et sous prairie (V. P.) sont représentés par des tirets verticaux (fig. 3) selon la technique déjà adoptée précédemment (fig. 1).

3.1. Variation des écarts en phénophase chlorophyllienne.

Durant la phénopase feuillée, le sol de la forêt est plus froid que celui de la prairie. Les écarts de température entre les deux habitats commencent à devenir négatifs (température plus froide sous forêt que sous prairie)au cours de la deuxième décade de mars. Ils restent faibles jusqu'à l'éclatement des bourgeons de la strate ligneuse, puis s'accroissent assez rapidement avec le développement et l'étalement des nappes chlorophylliennes pour atteindre leur valeur maximum vers la fin du mois de juin. Ensuite, ils diminuent progressivement jusqu'à la défeuillaison en suivant l'allure générale du rayonnement global et tendent vers zéro lorsque les dernières feuilles tombent.

Il résulte de ces observations que le dôme foliaire de la forêt qui intercepte environ 90 % du rayonnement global incident, freine dans une certaine mesure le réchauffement du sol sous-jacent. A titre d'exemples, des écarts de − 7,7 °C à − 1 cm, − 4,5 °C à − 5 cm, − 4,3 °C à − 10 cm, — 3,8 °C à — 20 cm et — 3,9 °C à — 50 cm ont été enregistrés le 21-VI-1965 à 10 h du matin entre les deux habitats.

3.2. Variation des écarts en phénophase défeuillée.

Pendant la phénophase de dénudation (automne, hiver, printemps), c'est au contraire le sol forestier qui possède le thermisme le plus favorable. Les pertes caloriques par rayonnement de surface sont plus importantes pour le sol de prairie où la couche d'air sus-jacente est beaucoup plus rapidement renouvelée que sous l'étage des couronnes. Le peuplement forestier, même lorsqu'il est dépouillé de ses feuilles, constitue toujours un obstacle important au déplacement latéral des masses d'air. Les écarts de température entre les sols des deux écosystèmes sont donc positifs (plus

chaud sous forêt que sous prairie), sauf à la profondeur de — 1 cm. Dans la plupart des cas observés, ces écarts restent inférieurs à 1° C. Pendant les périodes de gel, ils prennent des valeurs généralement plus importantes (2,0 °C et plus), car le sol forestier mieux protégé par les strates ligneuse et herbacée, et la couverture morte (A_0) conserve une température qui ne descend que rarement en dessous de 0 °C.

Cependant, au cours de l'hiver 1965-1966, l'importance, la régularité et le signe des écarts ne se reproduisent pas aussi fidèlement que pendant la saison correspondante 1964-1965. Pour mieux en saisir les raisons, il est tout d'abord essentiel de rappeler que la cause déterminante des conditions de variation des températures en automne-hiver, est la situation atmosphérique générale (HAUTFENNE, M., 1952). Or les précipitations tombées pendant la saison 1965-1966 ont été beaucoup plus élevées que celles qui ont été recueillies durant la période homologue de 1964-1965 (tableau 6). Compte tenu de l'influence directe qu'elles exercent sur les propriétés physiques des sols (chaleur spécifique, conductibilité et diffusivité thermiques), il semble bien qu'elles aient agi dans le sens d'une réduction des écarts de température entre les horizons édaphiques des deux habitats.

TABLEAU 6.

Comparaison des hauteurs d'eau recueillies à V. P. au cours des deux périodes de repos hivernal 1964-65 et 1965-66.

Mois	Précipitations en mm		
	Ire Période (1964-65)	IIme Période (1965-66)	Différences
Novembre	105,6	122,5	+ 16,9
Décembre	60,8	223,0	+ 162,2
Janvier	128,9	49,4	− 79,5
Février	28,3	103,2	+ 74,9
Total	323,6	491,8	+ 174,5

En effet, plus la teneur du sol en eau est élevée, meilleures sont les conditions qui régissent la circulation de la chaleur à travers ses horizons. Il est donc plus apte à céder son contenu calorique et par conséquent à se refroidir davantage.

Au cours de l'hiver 1964-1965 qui succèda à un été chaud et sec, la réhumectation des sols très fortement desséchés (± 20 % d'eau dans la terre fine à Virelles-Blaimont) a été lente, notamment dans la station de prairie (V. P.) où une même quantité d'eau a du réhumecter un plus grand volume de terre fine que dans la station de forêt (V. B.).

La conductibilité thermique du sol est donc restée faible plus longtemps à V. P. qu'à V. B., d'où des températures plus élevées.

Par contre, les pluies excédentaires tombées en décembre 1965 ont humidifié les sols de façon telle qu'un fort degré d'hydratation a été plus rapidement atteint qu'à la fin de 1964; il s'y est ensuite maintenu plus longtemps par suite de nouvelles averses et à des taux vraisemblablement plus importants que ceux de fin 1964. Il en est résulté des conditions optimales de transfert de calories à l'intérieur des deux substrats. Ceux-ci se sont alors refroidis progressivement et simultanément jusqu'à un état thermique propre à chacun d'eux et vraisemblablement peu différent l'un de l'autre. De plus, si l'on attribue une capacité de rétention en eau plus importante au sol (terre fine) de la forêt du fait de sa plus forte teneur en argile et probablement aussi en matières organiques, la teneur en eau des horizons superficiels se maintiendra à des taux élevés pendant des périodes plus longues au cours d'hivers à précipitations fortes et répétées. Dans de telles circonstances, ce sol a eu tendance à se refroidir plus pendant l'hiver 1965-1966 et de ce fait, les écarts de températures entre les deux milieux s'en sont trouvés diminués.

3.3. Variation des écarts à — 1 cm sous la surface du sol.

Contrairement à ce que l'on observe pour toutes les autres profondeurs, la température du sol à — 1 cm sous forêt est, été comme hiver, invariablement plus basse que celle relevée au même niveau sous prairie. Ce fait nous paraît anormal, d'autant plus que des observations analogues faites simultanément dans deux types de chênaie à Ferage montrent bien que le sol forestier se réchauffe aussi en surface au cours des mêmes hivers. Comme aucune défaillance n'a été constatée dans notre dispositif instrumental, il semble bien que l'explication de ce phénomène réside dans l'emplacement proprement dit du point de mesure. Ce dernier, situé à quelque 30 m au nord d'un petit groupe de pins sylvestres dispersés parmi les feuillus, reçoit l'ombrage latéral des couronnes d'espèces résineuses sempervirentes lorsque la course du soleil est basse sur l'horizon et précisément pendant les heures matinales où s'effectuent les lectures de températures.

Mais cet ombrage latéral et périodique est-il bien suffisant pour créer, dans sa zone d'influence, des conditions microclimatologiques moins favorables ? Apparemment oui, et les observations complémentaires suivantes le prouvent :

1. Un second géothermomètre également situé dans la zone d'action des conifères, à quelque 10 m du premier mais enfoui à environ 3 cm sous la surface du sol, donne des températures légérement supérieures aux précédentes.

2. Une troisième batterie de thermomètres placés cette fois à 100 m au nord du groupe résineux et à l'extérieur de leur zone d'influence, fournit

des températures de sol à — 1, — 5 et — 10 cm sensiblement plus élevées que celles pointées dans le premier emplacement. Ceci montre d'une part que les écarts de température à — 1 cm sous forêt et sous prairie deviennent positifs dans ce cas et d'autre part, que toute autre condition de sol étant égale, l'ombrage latéral des pins peut se faire sentir jusqu'à 10 et même 15 cm sous la surface du sol.

Ces considérations peuvent laisser supposer que les écarts de températures enregistrés en hiver aux niveaux — 5 et — 10 cm entre la forêt et la prairie pourraient éventuellement prendre des valeurs plus grandes que celles reportées sur la figure 3.

3. Et enfin, un troisième argument non plus d'ordre physique mais biologique et qui, en quelque sorte, traduit les conditions microclimatiques particulières qui règnent dans l'environnement septentrional des pins sylvestres, est le léger retard observé dans les divers stades phénologiques de la flore vernale qui pousse dans ce petit secteur.

Quant aux quelques écarts positifs obtenus au niveau — 1 cm dans la figure 3, ils ont deux causes principales : primo, des gelées qui se sont manifestées dans les premiers centimètres du sol sous prairie alors que la température du sol sous forêt s'est maintenue au-dessus de 0 °C; secundo, l'heure de lecture qui coïncide avec le début d'une averse dont les effets se font très rapidement sentir sous la strate herbacée de la prairie tandis qu'en forêt, l'eau n'atteint la surface du sol que plus tardivement.

STATION DE RECHERCHES DES EAUX ET FORÊTS.
GROENENDAAL-HOEILAART,
SECTION DE BIOLOGIE FORESTIÈRE.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

DELVAUX, J. et GALOUX, A.

1963. *Cartes des Territoires Ecologiques de l'Entre-Sambre-et-Meuse, 1 : 50.000°.* (C.N.E.G., inédit.)

GALOUX, A.

1967. *La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Le mécanisme du refroidissement nocture de l'air en forêt et hors forêt.* (Bull. Soc. Roy. For. de Belgique, Février, pp. 109-116)

GALOUX, A., SCHNOCK, G. et GRULOIS, J.

1967. *La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Variabilité phénologique et facteurs climatiques.* (Bull. Soc. Roy. Bot. de Belgique, Tome 100, p. 309-314)

GEIGER, R.

1950. *The climate near the ground.* (Harvard University Press, Cambridge, Mars.)

GRULOIS, J. et SCHNOCK, G.

1967. *La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Rayonnement global sous le couvert en phénophase défeuillée.* (Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg., 43/34, 12 p.)

HAUTFENNE, M.

1952. *Une année d'enregistrement continu de la température du sol.* (Inst. Roy. Météor. de Belgique). (Mémoire Vol. L., 83 p.)

SCHNOCK, G. et GALOUX, A.
1967. *La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Réception des précipitations et égouttement.* (Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. 43/33, 30 p.)

SCHNOCK, G.
1967. *La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont.* Cours annuel de la température de l'habitat (sol et atmosphère) et période de végétation (1965). (Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. 43/35, 15 p.)

AD. GOEMAERE, Imprimeur du Roi, 21, rue de la Limite, Bruxelles 3